

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Mai 2004 (21.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/042837 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 51/00**

(DE). MANUELLI, Alessandro [IT/DE]; Badstrasse 25,
91052 Erlangen (DE). ULLMANN, Andreas [DE/DE];
Kronstädter Strasse 16a, 90765 Fürth (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003667

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2003 (05.11.2003)

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 51 475.5 5. November 2002 (05.11.2002) DE

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

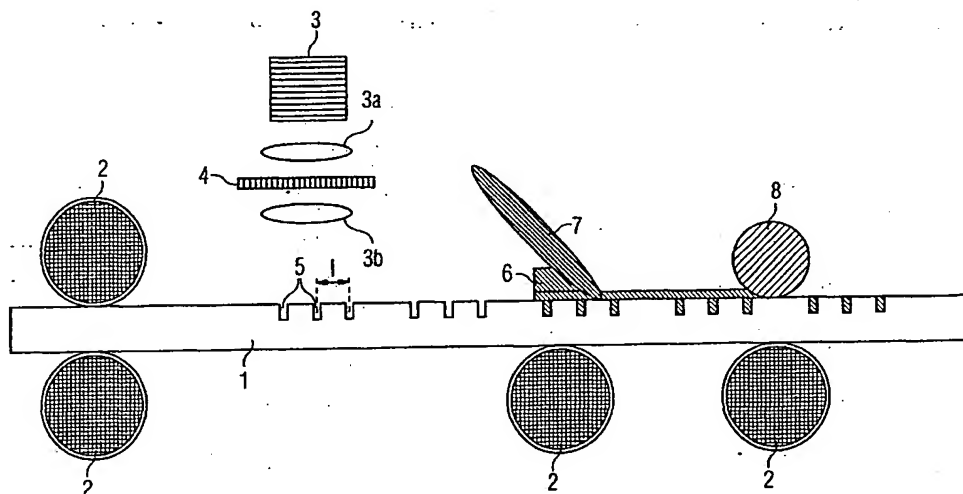
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CLEMENS, Wolfgang
[DE/DE]; Kornstrasse 5, 90617 Puschendorf (DE). FIX,
Walter [DE/DE]; Rötenerstrasse 7, 90427 Nürnberg

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ORGANIC ELECTRONIC COMPONENT WITH HIGH-RESOLUTION STRUCTURING AND METHOD FOR THE
PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: ORGANISCHES ELEKTRONISCHES BAUTEIL MIT HOCHAUFGEÖSTER STRUKTURIERUNG UND
HERSTELLUNGSVERFAHREN DAZU



(57) Abstract: The invention relates to an organic electronic component with high-resolution structuring, especially an organic field effect transistor (OFET) with a small source-drain distance and a method for the production thereof. The organic electronic component has recesses in which the strip conductors/electrodes are arranged and which are burned in by means of a laser during production.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein organisches elektronisches Bauteil mit hochauflösender Strukturierung, insbesondere einen organischen Feld-Effekt-Transistor (OFET) mit kleinem Source-Drain-Abstand und ein Herstellungsverfahren dazu. Das organische elektronische Bauteil hat Vertiefungen, in denen die Leiterbahnen/Elektroden angeordnet sind und die bei der Herstellung mittels Laser eingebrannt wurden.

WO 2004/042837 A2

Beschreibung

Organisches elektronisches Bauteil mit hochaufgelöster Strukturierung und Herstellungsverfahren dazu

5

Die Erfindung betrifft ein organisches elektronisches Bauteil mit hochaufgelöster Strukturierung, insbesondere einen organischen Feld-Effekt-Transistor (OFET) mit kleinem Source-
10 Drain-Abstand und ein Herstellungsverfahren dazu.

Bekannt sind organische elektronische Bauteile, insbesondere OFETs mit hochaufgelöster Strukturierung und kleinem Source-
15 Drain-Abstand „l“, jedoch werden diese in aufwendigen Prozessschritten, die mit hohen Kosten verbunden sind, hergestellt. Diese Prozessschritte sind unwirtschaftlich und umfassen regelmäßig Fotolithographie, wobei Vertiefungen in einer unteren Schicht oder im Substrat fotolithographisch erzeugt werden, damit eine Leiterbahn mit der erforderlichen
20 Kapazität gebildet werden kann. Diese Vertiefungen sind muldenförmig und haben keine scharfen Konturen. Der Boden dieser Vertiefungen bleibt unverändert.

Eine Leiterbahn und/oder eine Elektrode braucht eine gewisse
25 Masse um einen geringen Widerstand zu haben, die in einer 1-2 μm Vertiefung am besten untergebracht ist. Jedoch gibt es bislang kein Verfahren, das in einem schnellen und billigen Herstellungsprozess die Leiterbahnen/Elektroden eines OFETs so herstellt.

30

Die bekannten massenfertigungstauglichen und schnellen Prozesse zur Herstellung organischer elektronischer Bauteile bedienen sich der Technik, die Leiterbahn auf der unteren Schicht, in der Regel also auf dem Substrat, aufzubringen wobei
35 bei das Problem auftritt, dass diese „aufliegenden“ Leiterbahnen entweder so dick sind, dass sie in den nachfolgenden Isolatorschicht(en) Defektstellen verursachen oder so breit,

dass ein Großteil der Gesamtfläche der integrierten Schaltung dafür verwendet wird.

Aus der DE 10061297.0 ist zwar ein großtechnisch anwendbares
5 hochauflösendes Druckverfahren bekannt, bei dem die Leiter-
bahnen versenkt werden, jedoch hat das den Nachteil, dass die
Vertiefungen, die durch Aufdrücken eines Prägestempels ent-
stehen, keine steilen Wandflächen und scharf gezogene Kanten
haben, sondern mehr muldenförmig und ohne scharfe Konturen
10 ausgebildet sind. Als Folge dieser weichen Übergänge füllt
das in die Vertiefung eingebrachte Material nicht akkurat nur
die Vertiefung, sondern es verwischt um die Vertiefung herum
und führt damit zu Leckströmen. Das verschmierte Material
lässt sich in der Folge auch nicht abwischen, ohne einen
15 Großteil des Materials wieder aus der Vertiefung herauszuwi-
schen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein großtechnisch und günstig
herstellbares organisches elektronisches Bauteil, insbesonde-
20 re einen OFET mit einer hochaufgelösten Struktur und einem
kleinen Source-Drain-Abstand, zu schaffen.

Lösung der Aufgabe und Gegenstand der Erfindung ist ein orga-
nisches elektronisches Bauelement mit einem Abstand l zwi-
25 schen zwei Leiterbahnen, Elektroden und/oder zwischen einer
Leiterbahn und einer Elektrode kleiner $10\mu\text{m}$, das eine im we-
sentlichen ebene Oberfläche hat, d.h. die Leiterbahn(en)
und/oder Elektrode(n) sind weniger als 300nm über der Ober-
fläche einer unteren Schicht oder des Substrats erhoben. Au-
30 ßerdem ist Gegenstand der Erfindung ein organisches elektro-
nisches Bauteil mit einem Abstand l zwischen zwei Leiterbah-
nen, Elektroden und/oder zwischen einer Leiterbahn und einer
Elektrode kleiner $10\mu\text{m}$, bei dem zumindest eine Leiterbahn
und/oder eine Elektrode in einer Vertiefung einer unteren
35 Schicht angeordnet ist, wobei die Vertiefung mittels eines
Lasers erzeugt wurde das heißt, dass sie steile Wände, schar-
fe Konturen und eine relativ raue Bodenoberfläche hat.

Schließlich ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauteils bei dem zur Herstellung einer Leiterbahn und/oder einer Elektrode zumindest eine Vertiefung in eine untere Schicht oder das Substrat mittels Laser und Maske eingebrannt wird, wobei diese Vertiefung steile Wände, scharfe Konturen und eine raue Oberfläche am Boden hat und in einem nachfolgenden Prozessschritt mit leitfähigem überwiegend organischem Material gefüllt wird.

10 Nach einer Ausführungsform des Verfahrens wird überschüssiges leitfähiges organisches Material in einem auf die Befüllung der Vertiefungen mit diesem Material folgenden Prozessschritt abgewischt, ohne dass dabei leitfähiges Material aus der Vertiefung in merklichem Umfang wieder entfernt würde.

20 Die Befüllung der Vertiefungen kann nach verschiedenen Techniken erfolgen: Es kann besprüht, eingerakelt, eingespritzt, beschichtet, bedruckt oder sonst wie erfindungsgemäß eingefüllt werden.

Nach einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Vertiefungen in die untere Schicht und/oder das Substrat mit einem gepulsten Laser, beispielsweise mit Pulslängen von einigen 10 ns, eingebrannt. Dabei können bereits wenige Pulse ausreichen, um Vertiefungen im Bereich von 0,5 bis 3 µm zu erzeugen.

30 Die durch Laserstrukturierung erzeugten Vertiefungen zeichnen sich dadurch aus, dass die Wände sehr steil, im Extremfall direkt senkrecht sind. Zudem bewirkt das Verdampfen eine sehr raue Oberfläche am Boden der Vertiefungen, was zur Folge hat, dass der eingefüllte organische Leiter dort sehr gut haftet und durch das Entfernen des überflüssigen leitfähigen Materials zwischen den Vertiefungen in keinem nennenswerten Umfang aus der Vertiefung herausgesogen und/oder entfernt wird. Dadurch unterscheiden sich die Vertiefungen, die mit Laser ein-

gebrannt werden auch deutlich von den Vertiefungen, die beispielsweise durch Einprägen entstehen, wo sich das überflüssige organische Material, das um die Vertiefung herum verteilt ist, nicht ohne große Verluste abwischen lässt.

5

Im folgenden wird die Erfindung noch anhand einer Figur näher erläutert, die beispielhaft eine schematische Wiedergabe einer Prozessabfolge zur Herstellung einer Leiterbahn und/oder einer Elektrode zeigt.

10

Das Substrat 1 wird beispielsweise im Rolle-zu-Rolle-Verfahren zwischen mehreren Walzen hindurchgezogen. Von links nach rechts sind zunächst die Anpress- und/oder Führungsrollen 2 zu erkennen, die den gleichmäßigen Lauf des Bandes unterstützen. Im ersten gezeigten Arbeitgang werden dann mit einem Laser 3, beispielsweise einem Excimer-Laser, durch eine Maske 4 Vertiefungen 5 im Substrat erzeugt. Der Excimer-Laser 3 ist gegebenenfalls mit optischen Linsensystemen 3a, 3b ausgestattet, so dass die Vertiefungen 5 nicht unbedingt in derselben Größe abgebildet werden wie die Maske 4 sie vorgibt. Da der Laserpuls z.B. nur wenige 10ns dauert, hat sich das Band 1 in der Zeit nur unwesentlich weiterbewegt. Die so gebildeten Vertiefungen 5 haben, wie oben beschrieben, scharfe Kanten, steile Wände und eine raue Bodenfläche, auf der die organischen Leiter besonders gut haften. Mit einem Rakel 7 wird dann organisches elektrisch leitfähiges Material 6, wie z.B. PANI (Polyanilin) oder PEDOT in Lösung oder als Paste in die Vertiefungen eingerakelt. Eventuell vorhandenes leitfähiges Material 6 zwischen den Vertiefungen wird dann mit einer saugfähigen Rolle 8 entfernt. Die Rolle 8 dreht sich beispielsweise langsamer als die anderen Rollen, so dass effektiv gewischt wird. Der Abstand zwischen zwei Vertiefungen 5 ist durch den Doppelpfeil gekennzeichnet und wird mit 1 bezeichnet.

35

Der Begriff "organisches Material" oder "Funktionsmaterial" oder "(Funktions-)Polymer" umfasst hier alle Arten von orga-

nischen, metallorganischen und/oder organisch-anorganischen Kunststoffen (Hybride), insbesondere die, die im Englischen z.B. mit "plastics" bezeichnet werden. Es handelt sich um alle Arten von Stoffen mit Ausnahme der Halbleiter, die die
5 klassischen Dioden bilden (Germanium, Silizium), und der typischen metallischen Leiter. Eine Beschränkung im dogmatischen Sinn auf organisches Material als Kohlenstoff enthaltendes Material ist demnach nicht vorgesehen, vielmehr ist auch an den breiten Einsatz von z.B. Siliconen gedacht. Weiterhin soll der Term keiner Beschränkung im Hinblick auf die
10 Molekülgröße, insbesondere auf polymere und/oder oligomere Materialien unterliegen, sondern es ist durchaus auch der Einsatz von "small molecules" möglich. Der Wortbestandteil "polymer" im Funktionspolymer ist historisch bedingt und ent-
15 hält insofern keine Aussage über das Vorliegen einer tatsächlich polymeren Verbindung.

Durch die Erfindung wird erstmals ein Verfahren vorgestellt, mit dem ein organisches elektronisches Bauelement wie ein
20 OFET mit hoher Schaltgeschwindigkeit und hoher Zuverlässigkeit wirtschaftlich hergestellt werden kann. Es hat sich gezeigt, dass Vertiefungen, die mit einem Laser eingebrannt werden, die Befüllung mit leitfähigem organischen Material anders halten als die herkömmlichen Vertiefungen und, dass
25 deshalb mit dieser Methode organische Leiterbahnen schneller und besser herstellbar sind als nach anderen Methoden.

Patentansprüche

1. Organisches elektronisches Bauelement mit einem Abstand 1
zwischen zwei Leiterbahnen, Elektroden und/oder zwischen
5 einer Leiterbahn und einer Elektrode kleiner 10µm, das eine
im wesentlichen ebene Oberfläche hat, d.h. die Leiterbahn(en)
und/oder Elektrode(n) sind weniger als 300nm über der Ober-
fläche einer unteren Schicht oder des Substrats erhoben.
- 10 2. Organisches elektronisches Bauteil mit einem Abstand 1
zwischen zwei Leiterbahnen, Elektroden und/oder zwischen
einer Leiterbahn und einer Elektrode kleiner 10µm, bei dem
zumindest eine Leiterbahn und/oder eine Elektrode in einer
Vertiefung einer unteren Schicht angeordnet ist, wobei die
15 Vertiefung mittels eines Lasers erzeugt wurde das heißt, dass
sie steile Wände, scharfe Konturen und eine relativ raue Bo-
denoberfläche hat.
- 20 3. Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen
Bauteils bei dem zur Herstellung einer Leiterbahn und/oder
einer Elektrode zumindest eine Vertiefung in eine untere
Schicht oder das Substrat mittels Laser und Maske eingebrannt
wird, wobei diese Vertiefung steile Wände, scharfe Konturen
und eine raue Oberfläche am Boden hat, und in einem nachfol-
25 genden Prozessschritt mit leitfähigem überwiegend organischem
Material gefüllt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das leitfähige Material
in die Vertiefung eingerakelt wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem über-
flüssiges leitfähiges organisches Material in einem auf die
Befüllung der Vertiefung mit diesem Material folgenden Pro-
zessschritt abgewischt wird.

35

7

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem ein gepulster Laser, beispielsweise ein Excimer-Laser eingesetzt wird.

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, das in einem kontinuierlichen roll-to-roll Prozess durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Rolle, die das überflüssige organische Material abwischt, langsamer dreht
10 als die anderen Rollen.

1/1

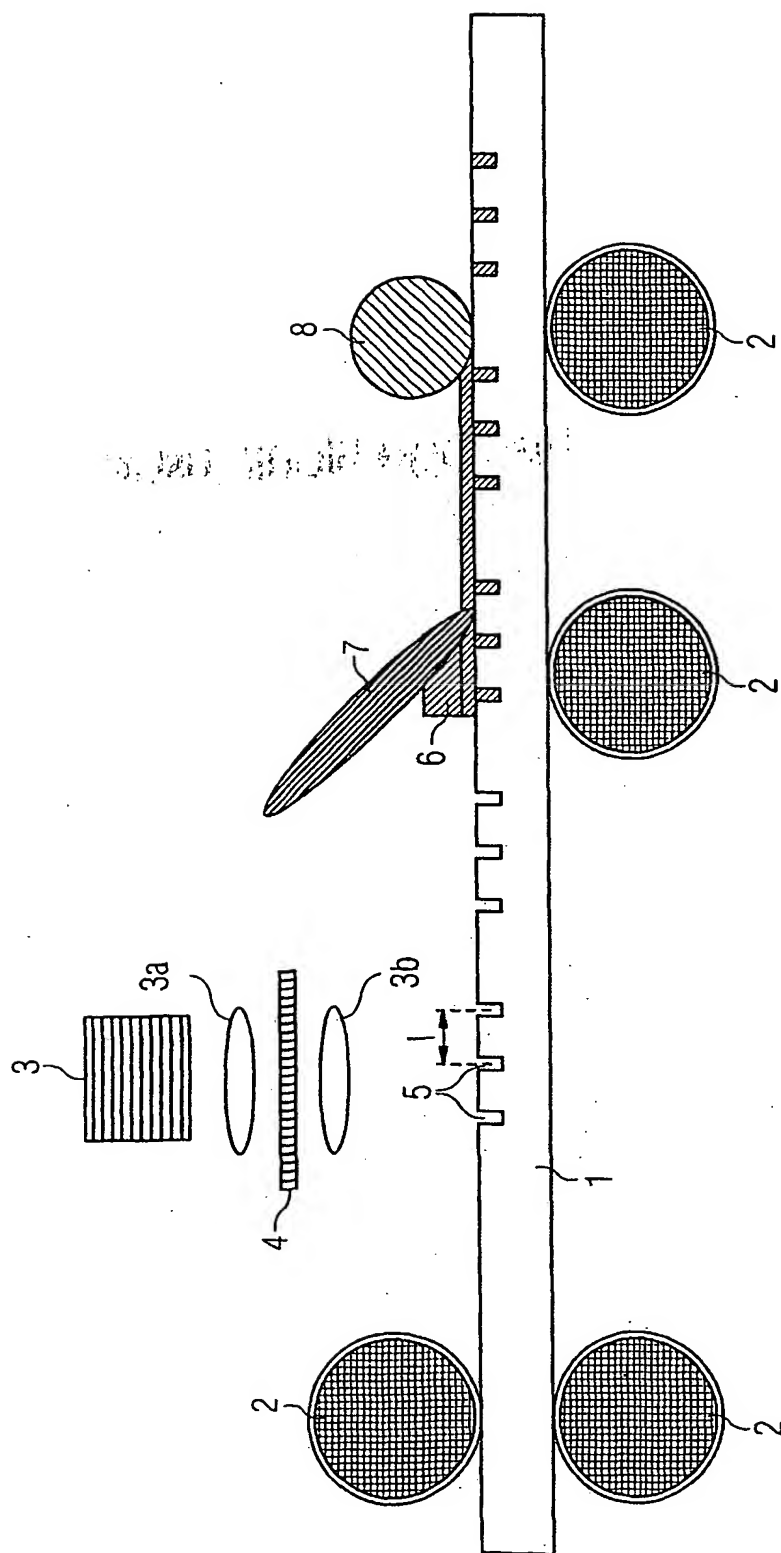


FIG. 1

This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)